

# 生成AIの利用は学生の数学理解を高めることができるのか The Potential of Generative AI to Enhance Students' Understanding of Mathematics

板倉百茄<sup>†</sup> 北村太一<sup>‡</sup> 居駒幹夫<sup>†</sup> 宮川裕之<sup>†</sup>  
Momoka Itakura<sup>†</sup> Taichi Kitamura<sup>‡</sup> Mikio Ikoma<sup>†</sup> Hiroyuki Miyagawa<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 青山学院大学 社会情報学部

<sup>‡</sup> 青山学院大学 大学院理工学研究科

<sup>†</sup> School of Social Informatics, Aoyama Gakuin University.

<sup>‡</sup> Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University.

## 要旨

近年、生成 AI の教育分野での利用が注目されており、学習支援ツールとしての可能性が期待されている。本研究では、生成 AI を活用した学習が数学理解に与える影響を検証した。高校数学 III「極座標と極方程式」単元を学習するための生成 AI (GPTs) を作成し、生成 AI を利用した学習と双方向型授業のテスト結果を比較した。その結果、生成 AI で学習した方の平均点が高く、学習者が自分の疑問に集中し、短時間で理解を深めたことが影響したと考えられる。しかし、データ数が少なく統計的検証は今後の課題である。

## 1. 研究背景

生成 AI の技術の飛躍的な進展により、その応用範囲が急速に広がっている。生成 AI は、深層学習モデルを基盤とし、主に文章作成、画像生成、プログラム生成など、多様な形式のデータを自動的に生成する技術である。特に、ChatGPT をはじめとした生成 AI の登場により、一般利用者でも生成 AI による創造的なコンテンツ生成が容易になり、日常生活での利便性が高まっている。この技術は、単なる自然言語処理やコンピュータビジョンの領域にとどまらず、教育や学習支援にも広がりつつある。これにより、従来の学習ツールでは困難であった個別化された学習支援や、即時の問題解決サポートが可能になっている。このような学習支援によって、学習が手軽となり、学習者の学習意欲の向上が期待される。

仙台大学によって行われた 2024 年 3 月のアンケート調査によると、全国の高校生・大学・大学院生・専門学生ら 4,323 人のうち、30.3%が生成 AI を利用していると答えた。また、生成 AI 利用者のうち、「課題やレポートを作成する際に使ったことがある」と答えたのは、62.7%であった[1]。

## 2. 研究目的

本研究は、生成 AI を課題消化の手段ではなく、学習者の理解促進を目的とした補助ツールとして活用する方法を考察することを目的とする。具体的には、生成 AI (ChatGPT-4o) に高校数学の特定の単元を学習させたツールを作成した。このツールを使った学習と従来の授業形式での学習を比較し、生成 AI が学習のための一助となる可能性を検証する。

## 3. 実験

3.1 章では、本実験で使用する生成 AI の準備、3.2 章では、作成した生成 AI で学習した実験と、双方向型授業で学習した実験と概要とその結果を示す。

### 3.1. 実験で使用する生成 AI の準備

本実験では、ChatGPT-4o で作成ができる、GPTs の作成を行い実験に使用した。GPTs とは、コーディングの必要がなく、誰でも特定の目的のために作成できる ChatGPT のカスタムバージョンのことである。指示と特定の知識を与え、Web 検索、画像の作成、データの分析など、実行できることを選択するだけ

で、簡単に作成することができる[3].

実験で使用する GPTs の作成は、以下の手順で行った。

1. 「Try IT」高校版・高校数学Ⅲ「媒介変数表示と極座標」単元内の「極座標と直交座標(1)」から「極方程式から $x, y$ の方程式へ(2)」までの内容のポイントのまとめを、ChatGPT-4o のチャットに送信した[2].
2. 送信した情報から「極座標と極方程式」の単元を学習し、質問したことに回答するように指示をした。
3. 回答の内容が提供した内容に基づくまで訂正の指示をし、繰り返し行い、回答をさせ続けた。
4. 完璧な回答が送られて来たら、その回答のスクリーンショットを撮影した。
5. 撮影したスクリーンショットをまとめた Word ファイルを教科書とした。
6. 「Try IT」高校版・高校数学Ⅲ「媒介変数表示と極座標」単元内の「極座標と直交座標(1)」から「極方程式から $x, y$ の方程式へ(2)」までの問題[2]をまとめた Word ファイルを練習問題とした。
7. 極座標と極方程式を指導する上での順番をまとめた Word ファイルを指示書とした。
8. 3つの Word ファイルを知識、以下の内容を指示として、GPTs を作成した。

#設定

あなたは高校数学の教師で、私は生徒です。

#命令

指示書.docx の流れに必ず従って授業を行なってください。

授業の内容は、教科書.docx の内容のみを伝えてください。

必ず高校数学の範囲内で授業を行なってください。

指示書.docx の練習問題は、練習問題.docx を参照してください。

極座標の内容について、教科書.docx の内容を全て伝えてください。

$\sin \theta$  と  $\cos \theta$  のみを使って授業を行なってください。

練習問題や追加の練習問題の解答・解説は、練習問題.docx の内容をそのまま回答してください。

式を整理する過程は詳しく回答してください。

解説・解答は有理化した形で回答してください。

小数は使用せず、分数のみにしてください。

練習問題 11 は練習問題 10 と一緒に提示してください。

まとめの練習問題は、4つの分野から2問ずつ提示してください。

練習問題の解答は、展開した式を正解とします。

リマソンが出てくる問題は、出題しないでください。

教科書と練習問題の一部抜粋(図 1,2)と、指示書を図示したもの(図 3)を提示する。

極座標とは何か？

極座標は、平面上の点を表すための方法です。通常の「直交座標」では、点の位置を  $x$  座標と  $y$  座標という2つの数値で表します。例えば、点  $(x, y)$  の場合、水平にどれだけ動くか ( $x$  座標) と、垂直にどれだけ動くか ( $y$  座標) を使って位置を決めます。

これに対して、極座標では、点の位置を次の2つで表します：

1. 距離  $r$ : 原点（極点とも呼びます）からその点までの距離です。

2. 角度  $\theta$ : 原点から  $x$  軸に沿って、その点に向かうまでの回転角度です。この角度は通常、弧度法で表し、範囲は  $0 \leq \theta < 2\pi$  です。

例えば、点  $P(r, \theta)$  は、原点からの距離が  $r$  で、 $x$  軸に対して角度  $\theta$  の方向にあることを意味します。

極座標を直交座標に直す練習問題

問題 1

極座標で表されている点  $(2, \pi/3)$  を直交座標で表してください。

解答 1

$(1, \sqrt{3})$

解説 1

問題より、 $r=2, \theta=\pi/3$  である。これを  $x=r\cos\theta, y=r\sin\theta$  にそれぞれ代入する。

$x=2\cos(\pi/3)=2\cos(1/2)=1$   $y=2\sin(\pi/3)=2\sin(\sqrt{3}/2)=\sqrt{3}$  よって求める直交座標は  $(1, \sqrt{3})$

図 1 教科書の一部抜粋

図 2 練習問題の一部抜粋

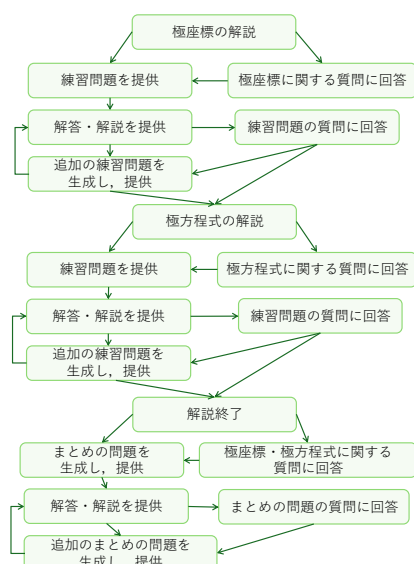


図3 指示書の図示

作成した GPTs では、一部、大学数学の  $\tan^{-1} \theta$  を利用して回答する箇所がある。  $\tan^{-1} \theta$  は高校数学の学習範囲外のため、訂正用紙を作成・配布し、高校数学の範囲内で解答できるようにした。また、三角関数の知識を必要とする単元のため、両実験とも三角関数の有名角の値、公式の一覧は参照可能な状態で行った。

### 3.2. 生成 AI で学習した実験の結果と双方向型授業で学習した実験の結果

高校生のときに、「極座標と極方程式」を学習していない文系大学生合計 10 人を 5 人ずつに分け、2 つの実験を行った。1 つ目の実験内容は、作成した GPTs を 30 分間利用して「極座標と極方程式」を学習し、その後の 20 分間で 12 点満点のテストを実施し、理解度を測った。2 つ目の実験内容は、高校数学の教育職員免許状を保持している大学院 2 年生を教師役とし、30 分間教師役 1 人、学習者役 5 人の双方向型授業で、「極座標と極方程式」を学習し、その後の 20 分間で 12 点満点のテストを実施し、理解度を測った。テストの内容は、極座標の単元の問題が 6 問、極方程式の単元の問題が 6 問で構成されており、全て 1 問 1 点で 12 点満点である。図 4 は、実験結果をまとめた箱ひげ図である。

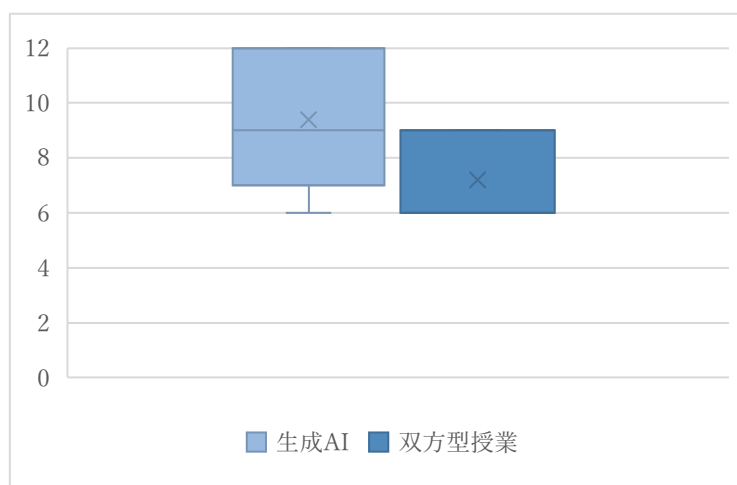


図4 実験結果

生成 AI で学習した実験の具体的な点数は、6 点、8 点、9 点、12 点、12 点であり、双方向型授業で学習した実験の具体的な点数は、6 点、6 点、6 点、9 点、9 点であった。

## 4. 実験の考察

図 4 では、生成 AI で学習した方が、平均点が高い傾向が見られる。実験者が観察した結果、双方向型授業で学習した方は、30 分間全てを内容理解に使用していた。これは、学習者自身が抱える疑問に加え、他者の疑問点も解決しながら行っていたためである。一方で、生成 AI で学習した方は、与えられた 30 分間のうち、最初の 20 分間を内容理解に、最後の 10 分間を問題演習に充てていた。これは、学習者自身が抱える疑問点のみを質問・解決できていたためである。生成 AI を利用した学習では、自分の疑問点に絞って学習ができるため、理解に必要な時間を短縮でき、その分を演習に回すことが可能であった。この演習時間の確保が、理解を深め、テストでの高得点に結びつく一因となったと考えられる。

生成 AI と双方向型授業のそれぞれについて 5 人ずつのデータを基に分析を行った。しかし、データ数が少なく、サンプル数 5 のデータを用いて箱ひげ図で比較したことにより、結果の信憑性には限界があると考えられる。

また、本実験では、作成した GPTs において、 $\tan^{-1}\theta$  を利用しないで回答させることができなかった。指示した求め方よりも、 $\tan^{-1}\theta$  で求める方が、工程が少なくなるため、GPTs の回答は正確である。だが、本実験では、高校数学の範囲内で行うものであり、「高校数学の範囲内で」「 $\sin\theta$  と  $\cos\theta$  のみを使って」などの指示を行っても、改善されなかった。改善できる方法として、「三角関数の有名角の値を参照しながら授業を受けている」という状況や、三角関数の有名角の値の表を、知識として提供することが考えられる。

## 5. まとめ

本研究では、学習者の学習の一助となるような生成 AI の利用方法を検討した。実際に、生成 AI を利用し、高校数学の「極座標と極方程式」の単元を学習した GPTs を作成し、それを用いて学習した場合と、従来の双方向型授業でのテストの点数を比較した。

命題として、「生成 AI の利用は学生の数学理解を高めるのか」を立てた。実験の結果から、生成 AI を利用した学習の方が、双方向型授業で学習した方よりも、平均点が高い傾向が見られた。これは、生成 AI を利用して学習した方が、学習者自身が抱える疑問点のみを質問・解決できていたため、理解に必要な時間を短縮できたと考える。そして、その分を演習に回すことが可能であったため、それが理解を深め、テストでの高得点に結びつく一因となった。この観点で、生成 AI の利用が学生の数学理解を高めることに、一定の貢献をしていると考える。

4 章の考察で述べた通り、生成 AI を利用した学習した場合と双方向型授業で学習した場合は、それぞれ特徴的な数学理解を高める方法が観察できた。現状はデータ数が少なく、統計的な検証ができていないが、今後はデータ数を増やし、統計的分析を進めていきたい。

## 参考文献

- [1] 仙台大学 AI 教育研究チーム, “学生と教員を対象とした生成 AI の教育利用状況と意識に関する全国調査”, 入手先 [https://www.sendaidaigaku.jp/dnt2/\\_sendaidaigaku/access/nic\\_img/1/files/20240716.pdf](https://www.sendaidaigaku.jp/dnt2/_sendaidaigaku/access/nic_img/1/files/20240716.pdf) (参照 2024-10-25)
- [2] トライグループ, “媒介変数表示と極座標”, 入手先 <https://www.try-it.jp/chapters-7149/sections-7215/> (参照 2024-09-03)
- [3] Open AI, “Introducing GPTs”, 入手先 <https://openai.com/index/introducing-gpts/> (参照 2024-11-03)